

**OPTIMASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR UNIT PLTD DENGAN
MENGUNAKAN MODEL *FUZZY GOAL PROGRAMMING* DI PT.
CAHAYA PUTRI AGUNG RIMBAJAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Matematika

Oleh:

SITI NURSAMI
10854004354



UIN SUSKA RIAU

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2012**

**OPTIMASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR UNIT PLTD DENGAN
MENGUNAKAN MODEL *FUZZY GOAL PROGRAMMING* DI PT.
CAHAYA PUTRI AGUNG RIMBAJAYA**

SITI NURSAMI
10854004354

Tanggal Sidang : 23 Oktober 2012
Tanggal Wisuda : 2012

Jurusan Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

PT CPA merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri yang memproduksi listrik. Setiap unit PLTD menggunakan bahan bakar solar. Permasalahan penggunaan bahan bakar adalah jumlah beban yang diproduksi, jumlah bahan bakar yang digunakan, dan biaya bahan bakar. Dalam tugas akhir ini dikembangkan model *fuzzy goal programming* untuk penentuan jumlah produksi beban dan total biaya yang dikeluarkan perusahaan. Hasil pengembangan model untuk penggunaan bahan bakar diselesaikan dengan menggunakan *software LINGO 11* menghasilkan penyelesaian optimal untuk beban yang diproduksi sesuai target yaitu 1174747 kWh, dengan biaya total bahan bakar sebesar Rp. 3.103.041.655,00. Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa model *fuzzy goal programming* yang dikembangkan mampu menghasilkan solusi optimal untuk beban yang diproduksi sesuai dengan target perusahaan dengan biaya yang paling minimum.

Kata kunci: *Himpunan Fuzzy, Model Goal Programming, Model Fuzzy goal programming*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbi'l'alam*, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“OPTIMASI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR UNIT PLTD DENGAN MENGGUNAKAN MODEL FUZZY GOAL PROGRAMMING DI PT. CAHAYA PUTRI AGUNG RIMBAJAYA”**. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi Stata 1 (S1) di UIN Suska Riau. Shalawat beserta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua selalu mendapat syafa'at dan dalam lindungan Allah SWT amin.

Dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta Bapak dan ibu yang tidak pernah lelah dalam mencurahkan kasih sayang, perhatian, do'a, dan dukungan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selanjutnya ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Nazir selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Ibu Dra. Hj. Yenita Morena, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Sri Basriati, M.Sc selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Mohammad Soleh, M.Sc selaku pembimbing yang telah banyak membantu, mengarahkan, mendukung, dan membimbing penulis dengan penuh kesabaran dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Drs. Martius M. Hum selaku ketua sidang yang telah memberi kritik dan saran dalam penulisa Tugas Akhir ini.

6. Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc selaku penguji I yang telah banyak membantu, memberikan kritikan dan saran serta dukungan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Rahmadeni, M.Si selaku penguji II yang telah banyak membantu, mendukung dan memberikan saran dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Semua dosen-dosen Jurusan Matematika yang telah memberikan dukungan serta saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Semua teman-teman Jurusan Matematika Sains khususnya angkatan 2008.
10. Seluruh pihak yang telah memberikan motivasi kepada penulis dalam proses penulisan Tugas Akhir ini sampai selesai.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin. Walaupun demikian tidak tertutup kemungkinan adanya kesalahan dan kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam penyajian materi. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, Oktober 2012

Penulis

SITI NURSAMI

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| LEMBAR PERSETUJUAN..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL..... | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | vi |
| ABSTRAK | viii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR SIMBOL..... | xvi |
| DAFTAR TABEL..... | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | I-3 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | I-3 |
| 1.5 Asumsi-asumsi | I-3 |
| 1.6 Manfaat Penelitian | I-4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | I-4 |
| BAB II LANDASAN TEORI | |
| 2.1 <i>Goal programming</i> | II-1 |
| 2.2 Konsep Dasar <i>Goal Programming</i> | II-1 |
| 2.3 Model umum <i>Goal Programming</i> | II-4 |
| 2.4 Perumusan masalah <i>Goal Programming</i> | II-5 |
| 2.5 Himpunan <i>fuzzy</i> (samar)..... | II-11 |

| | | |
|-----------------------------------|---|-------|
| 2.6 | <i>Fuzzy Goal Programming</i> | II-13 |
| 2.7 | Model umum <i>Fuzzy Goal Programming</i> | II-13 |
| 2.8 | Fungsi keanggotaan <i>fuzzy</i> | II-14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | |
| 3.1 | Jenis dan Sumber Data | III-1 |
| 3.2 | Prosedur Pembentukan Model FGP | III-1 |
| 1. | Pembentukan model <i>fuzzy goal programming</i> | III-1 |
| 2. | Pembentukan model <i>crisp-fuzzy goal programming</i> | III-2 |
| 3.2 | Analisis hasil <i>Goal Programming</i> | III-2 |
| BAB IV PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Pengumpulan Data | IV-1 |
| 1. | Data Jumlah Produksi Listrik..... | IV-1 |
| 2. | Data Biaya Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik | IV-2 |
| 3. | Data Pemakaian Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik | IV-4 |
| 4. | Data Ketersediaan Jam Kerja Mesin | IV-5 |
| 5. | Data Lama Proses Bahan Bakar | IV-6 |
| 4.2 | Pengembangan Model <i>Fuzzy Goal Programming</i> | IV-8 |
| A. | Fungsi Tujuan..... | IV-8 |
| 1. | Terpenuhinya Beban Yang Ditargetkan Unit PLTD | IV-8 |
| 2. | Meminimalkan Biaya Bahan Bakar | IV-11 |
| B. | Fungsi Kendala Untuk <i>Goal Programming</i> | IV-13 |
| 1. | Kendala Pemakaian Bahan Bakar diesel | IV-13 |
| 2. | Kendala Jam Kerja Mesin | IV-16 |
| 3. | Kendala Lama Proses Bahan Bakar Diesel | IV-17 |
| 4.3 | Penyelesaian Fungsi Pencapaian <i>Goal Programming</i> . | IV-18 |
| 4.4 | Analisis Hasil Produksi | IV-19 |
| 1. | Target beban yang diproduksi | IV-20 |
| 2. | Biaya produksi | IV-21 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|-----|
| 5.1 Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 Saran..... | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 2.1 Jenis- Jenis Kendala Tujuan | II-5 |
| 2.2 Tabel Simpleks awal | II-8 |
| 2.3 Tabel Simpleks iterasi 1 (pemilihan kolom kunci) | II-9 |
| 2.4 Tabel Simpleks iterasi 2 | II-9 |
| 2.5 Tabel Simpleks iterasi 3 | II-8 |
| 4.1 Tabel Produktifitas Listrik..... | IV-2 |
| 4.2 Tabel Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik..... | IV-3 |
| 4.3 Tabel Pemakaian Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik | IV-4 |
| 4.4 Tabel hasil pengolahan <i>software LINGO</i> 11 | IV-19 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) merupakan salah satu bentuk usaha yang bergerak di bidang industri yang memproduksi listrik. PLTD ini biasanya digunakan di daerah pedesaan. PT Cahaya Putri Agung (CPA) memiliki beberapa unit PLTD yang tersebar di beberapa desa di daerah Rokan Hulu. PLTD Rimbajaya merupakan salah satu cabang dari PT CPA yang bergerak di bidang produksi listrik. PLTD ini sangat potensial di desa Rimbajaya dalam pemenuhan kebutuhan listrik.

PLTD adalah pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar solar. Bahan bakar solar bagi PT CPA adalah faktor terpenting dalam produksi listrik. Namun dalam memperoleh bahan bakar banyak permasalahan yang muncul seperti kelangkaan bahan bakar dan harga bahan bakar yang tidak stabil. Untuk menghasilkan listrik yang cukup bagi kebutuhan masyarakat diperlukan bahan bakar yang cukup. Oleh karena itu perlu adanya pengaturan penggunaan bahan bakar yang tersedia yang berguna untuk mengetahui jumlah minimum bahan bakar yang harus digunakan agar daya listrik yang dihasilkan optimal.

Untuk mengatasi permasalahan diatas dapat digunakan *Goal programming* (GP) yang merupakan perluasan dari model *linier programming*. GP ini akan sangat membantu dalam penyelesaian masalah optimasi penggunaan bahan bakar untuk menghasilkan beban yang harus ditargetkan. Selain itu akan ditentukan biaya minimum bahan bakar yang akan dikeluarkan oleh perusahaan. Jika seorang pengambil keputusan dihadapkan kepada suatu persoalan yang mengandung beberapa tujuan didalamnya, maka program linier dengan tujuan tunggal (*single objective function*) tidak mampu menyelesaikan kasus-kasus manajemen yang menghendaki sasaran secara simultan.

Unsur *fuzzy* dapat digunakan untuk menangani ketidaktepatan dalam menyatakan sasaran yang ingin dicapai antara lain pencapaian jumlah beban yang ditargetkan dan meminimalkan jumlah biaya bahan bakar pada unit PLTD. Dalam hal ini lebih ditekankan pada kendala yang berpengaruh terhadap produksi beban pada unit PLTD, yaitu mempertimbangkan jumlah pemakaian bahan bakar, jam kerja mesin, lama proses bahan bakar. Kendala yang lain lagi, yaitu jumlah beban yang menggunakan bahan bakar tidak selalu tepat setiap pemakaian dan biaya yang dikeluarkan tidak selalu sama jumlah nilainya untuk setiap periode tertentu.

Penelitian mengenai penerapan metode *FGP* dalam permasalahan optimasi juga telah dikembangkan. Salah satunya adalah oleh Wardah Ardiana (2011) meneliti tentang pendekatan *fuzzy goal programming* untuk optimasi hasil panen padi menghasilkan panen padi dapat dimaksimalkan dengan tingkat pencapaian/kepuasan tinggi dengan biaya pupuk minimal. Penelitian terkait dengan hal ini juga dilakukan oleh Nevi Ervinia Sari (2010) yang menentukan solusi optimal dari permasalahan optimasi penggunaan bahan bakar PLTGU menghasilkan beban yang diproduksi sesuai target dengan biaya total bahan bakar minimum.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar PLTD PT CPA Rimbajaya dengan model *fuzzy goal programming* untuk menghasilkan beban yang diproduksi maksimal dengan biaya yang dikeluarkan minimal. Penelitian yang akan dilakukan merupakan tugas akhir dengan judul yaitu “**Optimasi Penggunaan Bahan Bakar Unit PLTD Dengan Menggunakan Model Fuzzy Goal Programming Di PT Cahaya Putri Agung Rimbajaya**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tersebut, maka permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan model *fuzzy goal programming* untuk memenuhi target beban yang diproduksi di unit PLTD PT CPA Rimbajaya Kab. Rokan Hulu?
2. Bagaimana menentukan model *fuzzy goal programming* untuk meminimumkan biaya bahan bakar yang akan dikeluarkan oleh perusahaan tanpa mengurangi jumlah produksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan model *fuzzy goal programming* untuk memenuhi target beban yang diproduksi PLTD PT CPA Rimbajaya Kab. Rokan Hulu.
2. Mendapatkan model *fuzzy goal programming* untuk biaya minimum dari biaya bahan bakar yang akan dikeluarkan oleh.

1.4 Batasan Masalah

Agar sesuai dengan tujuan penelitian tersebut diperlukan adanya pembatasan masalah penelitian, sehingga dapat digunakan :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data laporan bulanan jumlah beban yang dihasilkan pada unit PLTD PT CPA Rimbajaya selama periode Mei 2011- April 2012.
2. Tugas akhir ini hanya meneliti pada unit PLTD dan data diolah menggunakan bantuan *software LINGO 11*.

1.5 Asumsi-asumsi

Asumsi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Keadaan mesin dalam kondisi baik.
2. Faktor tenaga kerja tidak diperhitungkan.
3. Pengiriman bahan bakar solar berjalan baik.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

- Memperoleh gambaran umum dan model *fuzzy goal programming* dalam mengoptimasikan beban listrik yang diproduksi dengan pengeluaran biaya bahan bakar minimum.
- Meningkatkan kemampuan bagi mahasiswa dalam mendapatkan pengetahuan untuk dapat memecahkan dan mencari solusi permasalahan-permasalahan di perusahaan dari sudut pandang akademis.
- Lebih efisien dalam menggunakan bahan bakar untuk kedepannya.
- Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk dapat menganalisis hubungan antara teori yang diperoleh diperkuliahan dengan penerapannya dilapangan.

2. Bagi perusahaan

- Sebagai sarana informasi bagi perusahaan dan sebagai bahan pertimbangan agar biaya yang dikeluarkan minimal namun beban yang diproduksi maksimal sesuai dengan target yang ada.
- Sebagai rekomendasi atau usulan pada perusahaan dalam menentukan kebijakan lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam penulisan ini bertujuan memberikan gambaran umum tentang penelitian yang dilakukan. Sistematika penulisan penelitian ini mencakup lima bab yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, asumsi, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini memaparkan dasar teori yang digunakan seperti: pengertian *goal programming*, konsep dan model umum *goal programming*, himpunan *fuzzy*, *fuzzy goal programming*, model umum *fuzzy goal programming* dan fungsi keanggotaan *fuzzy*.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi Tahap identifikasi, *survey*/pengambilan data, Tahap Pembentukan model *fuzzy goal programming*, Tahap Pembentukan model *crisp-fuzzy goal programming*, tahap input data dan Tahap Kesimpulan.

BAB IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang hasil yang diperoleh pada penelitian dan pembangan model, hasil model menggunakan bantuan *software LINGO 11*.

BAB V Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diberikan peneliti bagi perusahaan berdasarkan kesimpulan yang diambil.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Goal Programming

Goal Programming (GP) merupakan perluasan dari model *linier programming*, sehingga seluruh asumsi, notasi, formulasi model matematis, prosedur perumusan model, dan penyelesaian tidak jauh berbeda. *GP* adalah salah satu model matematika yang bisa digunakan untuk pemecahan masalah-masalah multi tujuan karena melalui variabel simpangannya dengan menggunakan struktur prioritas tujuan dan pembobotan sehingga diperoleh alternatif pemecahan masalah yang optimal. (Siswanto,2007).

Jika seorang pengambil keputusan dihadapkan kepada suatu persoalan yang mengandung beberapa tujuan didalamnya, maka program linier tidak mampu menyelesaikan kasus manajemen yang menghendaki sasaran tertentu secara simultan, karena program linier hanya terbatas pada analisis tujuan tunggal (*single objectif function*). Dunia nyata yang kita hadapi ini adalah dunia yang penuh dengan berbagai tujuan sebagai target dan sasaran. Oleh karena itu maka persoalan *goal programming* merupakan salah satu analisis yang tepat untuk permasalahan tujuan ganda.

Goal programming mempunyai *deviational variable*, yaitu variabel yang menunjukkan kemungkinan penyimpangan negatif dan positif. Penyimpangan negatif maksudnya penyimpangan hasil penyelesaian dibawah sasaran dan penyimpangan positif maksudnya penyimpangan diatas sasaran. *Goal programming* berusaha untuk meminimumkan deviasi berbagai tujuan, sasaran, atau target yang telah ditetapkan.

2.2 Konsep Dasar Goal Programming

Goal Programming merupakan perluasan dari model *linier programming*, sehingga seluruh asumsi, notasi, formulasi model matematis, prosedur perumusan model dan penyelesaiannya tidak jauh berbeda dengan

linier programming. Perbedaannya hanya terletak pada kehadiran variabel baru yaitu sepasang variabel deviasional yang akan muncul di fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala. Oleh karena itu, konsep dasar pemograman linier akan selalu melandasi konsep model *goal programming*. Berikut ini adalah definisi dari beberapa istilah dan lambang yang biasa digunakan dalam *goal programming* :

a. *Objective*

Adalah suatu pernyataan yang menggambarkan keinginan dari pengambil keputusan.

b. *Decision variable* (variabel keputusan)

Merupakan seperangkat variabel yang tidak diketahui (dalam *linier programming* dilambangkan dengan x_j , dimana $j = 1, 2, 3, \dots, n$) yang akan dicari nilainya.

c. *Goal constraint* (kendala tujuan)

merupakan suatu tujuan yang diekspresikan dalam persamaan matematika yang memasukkan variabel simpangan.

d. *Right hand side valuable* atau RHS (nilai sisi kanan)

merupakan nilai-nilai yang biasanya menunjukkan ketersediaan sumber daya (dilambangkan dengan b_i) yang akan ditentukan kekurangan atau kelebihan penggunaannya.

e. *Goal*

Goal (fungsi tujuan) fungsi matematis dari variabel keputusan yang merupakan keinginan untuk meminimumkan angka penyimpangan dari suatu nilai RHS pada suatu *goal constraint* tertentu.

f. *Variable Deviation* (variabel penyimpangan)

Adalah variabel yang menunjukkan kemungkinan penyimpangan-penyimpangan negatif dan positif dari nilai sisi kanan fungsi tujuan. terdapat dua buah variabel deviasi yang menentukan kemungkinan penyimpangan negatif atau positif dari *goal* (Ignizio, 1982) yaitu :

- Variabel deviasi negatif (d_i^-) berfungsi untuk menampung kemungkinan penyimpangan negatif yang berada dibawah sasaran yang dikehendaki dari suatu nilai RHS kendala tujuan.
- Variabel deviasi positif (d_i^+) berfungsi untuk menampung kemungkinan penyimpangan positif yang berada diatas sasaran yang dikehendaki dari suatu nilai RHS kendala tujuan.

g. *Preemptive priority factor* merupakan suatu sistem urutan dari banyaknya tujuan pada model yang memungkinkan tujuan-tujuan tersebut disusun secara ordinal, dilambangkan dengan P_k , dimana $k=1,2,3,\dots,n$.

Goal Programming berusaha meminimumkan deviasi atau simpangan di antara berbagai tujuan atau sasaran yang telah ditetapkan sebagai targetnya, artinya nilai ruas kiri suatu persamaan kendala sebisa mungkin mendekati nilai ruas kanannya. Setiap model *Goal Programming* paling sedikit terdiri dari tiga komponen, yaitu: fungsi tujuan, kendala-kendala tujuan, dan kendala non negatif.

Ada tiga jenis fungsi tujuan dalam *goal programming* yaitu:

1. Tujuan banyak tanpa prioritas.

Bentuk umum:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^m d_i^- + d_i^+ \quad (2.1)$$

Fungsi tujuan yang pertama digunakan jika variabel simpangan dalam suatu masalah tidak dibedakan menurut prioritas atau dengan kata lain semua tujuan sama pentingnya, sehingga setiap variabel deviasional bisa dipilih untuk diminimumkan terlebih dahulu.

2. Tujuan banyak dengan prioritas.

Bentuk umum:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^m P_k (d_i^- + d_i^+) \quad (2.2)$$

Fungsi tujuan yang kedua digunakan dalam suatu masalah dimana urutan tujuan diperlukan tetapi variabel simpangan didalam tingkat prioritas memiliki kepentingan yang sama. Dimana P_k bukan merupakan parameter ataupun variabel melainkan hanya sebuah notasi untuk menandai urutan prioritas sasaran yang hendak dicapai.

3. Tujuan banyak dengan prioritas dan bobot.

Bentuk umum:

$$\text{Min} \quad Z = \sum_{i=1}^m w_{ki} P_k (d_i^- + d_i^+) \quad (2.3)$$

Fungsi tujuan tersebut akan tergantung pada situasi permasalahannya. Tujuan-tujuan diurutkan dan variabel simpangan pada setiap tingkat prioritas dibedakan dengan menggunakan bobot yang berlainan (w_{ki}).

keterangan:

P_k : *preemptive priority factor* (suatu sistem urutan dengan $k=1,2,...,n$ menunjukkan banyaknya tujuan dalam model)

d_i^-, d_i^+ : deviasi negatif dan positif untuk tujuan dengan i menunjukkan banyaknya kendala tujuan dalam model

w_k : bobot yang diberikan.

2.3 Model Umum Goal Programming

Persamaan umum GP dapat dirumuskan sebagai berikut :

Meminimumkan

$$\sum_{i=1}^m (P_k W_i^+ d_i^+ + P_k W_i^- d_i^-) \quad (2.4)$$

dengan kendala:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} X_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$X_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad 1$$

dengan,

x_j : variabel keputusan

d_i^- : deviasi tingkat pencapaian dibawah target

d_i^+ : deviasi tingkat pencapaian diatas target

b_i : target berkaitan dengan fungsi tujuan ke- i

a_{ij} : koefisien fungsi kendala

W_i^+, W_i^- : bobot untuk masing-masing penyimpangan d_i^- dan d_i^+

P_k : faktor prioritas W_i^+, W_i^- .

2.4 Perumusan Masalah *Goal Programming*

Beberapa langkah perumusan *goal programming* adalah sebagai berikut :

- Penentuan variabel keputusan, merupakan dasar dalam pembuatan model keputusan untuk mendapatkan solusi yang dicari. Makin tepat penentuan variabel keputusan akan mempermudah pengambilan keputusan yang dicari.
- Penentuan fungsi tujuan, yaitu menetapkan dahulu tujuan-tujuan apa yang akan dicapai oleh perusahaan.
- Perumusan fungsi sasaran, dimana setiap tujuan pada sisi kirinya ditambahkan dengan variabel simpangan, baik itu simpangan positif yaitu simpangan yang menampung kelebihan diatas nilai RHS atau pun simpangan negatif yaitu menampung kekurangan dibawah nilai RHS. Dengan ditamhakkannya variabel simpangan pada fungsi sasaran, maka bentuk fungsi sasaran berubah menjadi $f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$.
- Penentuan fungsi kendala, merupakan fungsi matematika yang menyajikan batasan sumber daya yang tersedia untuk digunakan. Ada enam jenis kendala tujuan yang berlainan. Maksud setiap jenis kendala itu ditentukan oleh hubungannya dengan fungsi tujuan. Enam jenis kendala tujuan tersebut disajikan pada tabel 2.1 dibawah ini (Mulyono, 2007) :

Tabel 2.1 Jenis- Jenis Kendala Tujuan

| Kendala tujuan | Variabel simpangan dalam FT | Kemungkinan penyimpangan | Penggunaan RHS diinginkan | Nilai yang |
|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------|
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^- = b_i^-$ | $\frac{d_i^-}{d_i^-}$ | Negatif | $\frac{b_i^-}{b_i^-}$ | |
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^+ = b_i^+$ | $\frac{d_i^+}{d_i^+}$ | Positif | $\frac{b_i^+}{b_i^+}$ | |
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^- = d_i^+ = b_i^-$ | $\frac{d_i^-}{d_i^+}$ | Neg dan pos | $\frac{b_i^-}{b_i^-}$ atau lebih | |
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^- = d_i^+ = b_i^+$ | $\frac{d_i^-}{d_i^+}$ | Neg dan pos | $\frac{b_i^+}{b_i^+}$ atau lebih | |
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^- = d_i^+ = b_i^-$ | $\frac{d_i^-}{d_i^+}$ | Neg dan pos | $\frac{b_i^-}{b_i^-}$ | |
| $\frac{a_{ij}x_j}{a_{ij}x_j} + d_i^- = d_i^+ = b_i^+$ | $\frac{d_i^-}{d_i^+}$ | Tidak ada | $\frac{b_i^+}{b_i^+}$ | |

Berikut akan diberikan kasus penggunaan *goal programming* (bustanul arifin, 2010):

Contoh 1

Sebuah perusahaan mebel memproduksi 2 jenis produk yang berbeda yaitu membuat meja dan kursi. Produk tersebut laku dijual dengan harga \$8 dan \$6 per unit. Untuk membuat kedua produk tersebut diperlukan proses *assembling* dan *finishing*. Pembuatan meja membutuhkan 4 *assembling* dan 2 *finishing*, sedangkan kursi membutuhkan 2 *assembling* dan 4 *finishing*. Total kapasitas proses *assembling* 60 dan kapasitas *finishing* 48.

Persoalan diatas akan diselesaikan dengan model *goal programming* dengan 2 tujuan (*goal*) yang diinginkan yaitu *goal-1 profit* = sebesar \$130 (prioritas pertama) dan *goal-2* jumlah meja yang diproduksi mencapai 15 (prioritas kedua).

Bagaimanakah formulasi *goal programming* dengan prioritas untuk memecahkan persoalan tersebut?

- Variabel keputusan dari contoh diatas dapat dimisalkan sebagai berikut:
 x_1 : jumlah meja yang diproduksi
 x_2 : jumlah kursi yang diproduksi.
- Parameter-parameter GP pada contoh diatas dapat dituliskan sebagai berikut:
 P_1 : prioritas pertama (*goal*-1 yakni *profit* sebesar \$130)
 P_2 : prioritas kedua (*goal*-2 yakni memenuhi target meja $x = 15$)
 D_1^- : penyimpangan nilai keuntungan kurang dari target
 D_1^+ : penyimpangan nilai keuntungan lebih dari target
 D_2^- : penyimpangan nilai jumlah meja kurang dari target
 D_2^+ : penyimpangan nilai jumlah meja lebih dari target.

Model linier *Goal programming* pada contoh 1 dapat dibentuk menjadi ketaksamaan sebagai berikut:

$$\text{Max} \quad Z = 8 x_1 + 6 x_2 \quad (2.5)$$

dengan kendala,

$$4 x_1 + 2 x_2 \leq 60$$

$$2 x_1 + 4 x_2 \leq 48$$

Persoalan (2.5) akan diselesaikan sebagai *goal programming* dengan 2 tujuan, yaitu memperoleh keuntungan dan memenuhi target. Model *Goal programming* pada contoh 1 adalah sebagai berikut :

$$\text{Min} \quad Z = P_1 D_1^- + P_2 D_2^+ \quad (2.6)$$

dengan kendala,

$$8 x_1 + 6 x_2 + D_1^- + D_1^+ + x_3 = 130$$

$$x_1 + D_2^- + D_2^+ + x_4 = 15$$

$$4 x_1 + 2 x_2 + x_5 = 60$$

$$2 x_1 + 4 x_2 + x_6 = 48$$

$$x_1, x_2, D_1^-, D_1^+, D_2^-, D_2^+ > 0$$

keterangan:

x_3, x_4, x_5, x_6 : Variabel *slack* atau tambahan untuk masing-masing fungsi pembatas 1, pembatas 2, pembatas 3, dan fungsi pembatas 4.

Untuk mendapatkan nilai optimal pada *Goal programming* (2.6) maka dapat diselesaikan dengan menggunakan tabel simpleks dengan langkah-langkah berikut:

Tabel 2.2 Tabel Simpleks Awal (pemilihan kolom kunci)

| | C_j | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|-------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| C_j | VB | x_1 | x_2 | db_1 | da_1 | db_2 | da_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | ruas kanan | rasio |
| | x_3 | 8 | 6 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 130 | 16.25 |
| | x_4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | 15 |
| | x_5 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 60 | 15 |
| | x_6 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 | 24 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Z_j | P_2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| | P_1 | 8 | 6 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | |
| $C_j - Z_j$ | P_2 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15 | |
| $C_j - Z_j$ | P_1 | -8 | -6 | -1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -130 | |

- Nilai $C_j - Z_j$ diperoleh dengan cara $0 - 1 = -1$ dan $0 - 8 = -8$ untuk kolom x_1 , dan seterusnya sampai kolom 11
- Variabel masuk adalah x_1 (dari nilai $C_j - Z_j$ terkecil atau negatif terbesar)
- Variabel yang keluar adalah x_4 (dari nilai rasio ruas kanan RK terhadap koefisien kolom x_1 yang terkecil).
- *Pivot* ada pada elemen (2;1), maka semua elemen pada baris 2 dibagi dengan 1.
- Elemen pada baris 1, 3, 4, 5 dan 6 akan diubah dengan cara OBE dengan merujuk pada baris 2 yang hasilnya sebagai berikut:

Hasil perhitungan untuk baris 1:

- Elemen (1;1) = $(-8)(1) + (8) = 0$
- Elemen (1;2) = $(-8)(0) + (6) = 6$
- Elemen (1;3) = $(-8)(0) + (1) = 1$
- Elemen (1;4) = $(-8)(0) + (-1) = -1$
- Elemen (1;5) = $(-8)(1) + (0) = -8$
- Elemen (1;6) = $(-8)(-1) + (0) = 8$
- Elemen (1;7) = $(-8)(0) + (1) = 1$
- Elemen (1;8) = $(-8)(1) + (0) = -8$
- Elemen (1;9) = $(-8)(0) + (0) = 0$
- Elemen (1;10) = $(-8)(0) + (0) = 0$
- Elemen (1;11) = $(-8)(15) + (130) = 10$

Tabel 2.3 Tabel Simpleks iterasi 1 (pemilihan kolom kunci)

| | C_j | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|-------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| C_j | VB | x_1 | x_2 | db_1 | da_1 | db_2 | da_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | ruas kanan | rasio |
| | x_3 | 0 | 6 | 1 | -1 | -8 | 8 | 1 | -8 | 0 | 0 | 10 | 1.25 |
| | x_1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | - |
| | x_5 | 0 | 2 | 0 | 0 | -4 | 4 | 0 | -4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | x_6 | 0 | 4 | 0 | 0 | -2 | 2 | 0 | -2 | 0 | 1 | 18 | 9 |
| P_2 | $C_j - Z_j$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P_1 | $C_j - Z_j$ | 0 | -6 | -1 | 1 | 8 | -8 | 0 | 8 | 0 | 0 | -10 | |

- Nilai $C_j - Z_j$ pada ruas kanan masih ada nilai yang negatif, harus lanjut ke iterasi ke-2
- Variabel masuk adalah da_2 menggantikan x_3
- *Pivot* pada elemen (1;6) sehingga table simplek menjadi sebagai berikut:

Tabel 2.4 Tabel Simpleks iterasi 2 (pemilihan kolom kunci)

| | C _j | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|-------|
| C _j | VB | x ₁ | x ₂ | db ₁ | da ₁ | db ₂ | da ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₆ | ruas kanan | rasio |
| | x ₃ | 0 | 0.75 | 0.125 | -0.125 | -1 | 1 | 0.125 | -1 | 0 | 0 | 1.25 | 1.25 |
| | X ₁ | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | -1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | - |
| | x ₅ | 0 | 2 | 0 | 0 | -4 | 4 | 0 | -4 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | x ₆ | 0 | 4 | 0 | 0 | -2 | 2 | 0 | -2 | 0 | 1 | 18 | 9 |
| P ₂ | C _j -Z _j | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P ₁ | C _j -Z _j | 0 | -6 | -1 | 1 | 8 | -8 | 0 | 8 | 0 | 0 | -10 | |

Hasil perhitungan untuk baris 2 dengan merujuk pada baris 1 dari operasi OBE adalah sebagai berikut:

- Elemen (2;1) = (1)(0) + (1) = 1
- Elemen (2;2) = (1)(0.75) + (0) = 0.75
- Elemen (2;3) = (1)(0.125) + (0) = 0.125
- Elemen (2;4) = (1)(-0.125) + (0) = -0.125
- Elemen (2;5) = (1)(-1) + (1) = 0
- Elemen (2;6) = (1)(1) + (-1) = 0
- Elemen (2;7) = (1)(0.125) + (0) = 0.125
- Elemen (2;8) = (1)(-1) + (1) = 0
- Elemen (2;9) = (1)(0) + (0) = 0
- Elemen (2;10) = (1)(0) + (0) = 0
- Elemen (2;11) = (1)(1.25) + (15) = 16.25

Tabel 2.4 Tabel Simpleks iterasi 3:

| | C_j | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
|-------|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|
| C_j | VB | x_1 | x_2 | db_1 | da_1 | db_2 | da_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | ruas kanan | rasio |
| | da_2 | 0 | 0.75 | 0.125 | -0,125 | -1 | 1 | 0.125 | -1 | 0 | 0 | 1.25 | |
| | x_1 | 1 | 0.75 | 0.125 | -0,125 | 0 | 0 | 0.125 | 0 | 0 | 0 | 16.25 | |
| | x_5 | 0 | -1 | -1 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0.25 | 0 | -5 | |
| | x_6 | 0 | 2.5 | -0,25 | 0.25 | 0 | 0 | -0,25 | 0 | 0 | 1 | 15.5 | |
| P_2 | $C_j - Z_j$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| P_1 | $C_j - Z_j$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

- Nilai $C_j - Z_j \geq 0$, artinya sudah tidak ada lagi yang bernilai negatif dan pada ruas kanan sudah bernilai 0 (NOL), sehingga iterasi dihentikan.

- Solusi akhir :

jumlah meja $x_1 = 16.25$,

jumlah kursi $x_2 = 0$.

- Tujuan jumlah meja tercapai, bahkan berlebih $d_2^+ = 1.25$ (berarti ada kelebihan dari *goal* jumlah meja yang hanya 15 kelebihan jumlah meja $= 16.25 - 15 = 1.25$).

- Nilai *profit* $Z = 8x_1 + 6x_2$

$$Z = 16.25 (\$8) + 0 (\$6) = \$130 \text{ (sesuai dengan target).}$$

2.5 Himpunan Fuzzy (Samar)

Menurut George J Klir dan Folger, T.A 2005, Teori himpunan *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Zadeh pada tahun 1965, yaitu rentang nilai-nilai, masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan antara 0 sampai dengan 1, himpunan yang memiliki batas-batas yang tidak tegas. Keanggotaan pada himpunan *fuzzy* bukan dinyatakan dengan ‘ya’ atau ‘tidak’, melainkan dengan derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan dinyatakan dalam suatu bilangan real dalam selang tertutup $[0,1]$. Himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut:

Definisi (George J Klir & Folger, T.A, 2005)

Himpunan *fuzzy* \tilde{A} di dalam semesta pembicaraan X didefinisikan sebagai himpunan yang mencirikan suatu fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ yang mengawankan setiap $x \in X$ dengan bilangan real didalam interval $[0, 1]$, $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0, 1]$ dengan nilai $\mu_{\tilde{A}}(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x didalam A .

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\} \quad (2.7)$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0, 1], \text{ dengan}$$

$\mu_{\tilde{A}}$ disebut fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy* \tilde{A} dan nilai fungsi $\mu_{\tilde{A}}(x)$ menyatakan derajat keanggotaan unsur $x \in X$ dalam himpunan *fuzzy*.

Contoh 2

Misalkan industri kendaraan bermotor ingin merancang dan memproduksi sebuah mobil yang nyaman untuk digunakan keluarga yang besar. Ada 5 model yang telah dirancang dan ditunjukkan dalam variable $X = \{1, 2, 3, 4, 5\}$, dengan 1 adalah desain mobil ke-1, 2 adalah desain mobil ke-2 dan seterusnya. Himpunan *fuzzy* \tilde{A} yang merupakan himpunan “mobil yang nyaman digunakan untuk keluarga yang besar” dapat ditulis sebagai:

$$\tilde{A} = \{(1; 0,6); (2; 0,3); (3; 0,8); (4; 0,2); (5; 0,1)\}$$

yang artinya:

- 1) Mobil pertama memenuhi tingkat kenyamanan sebesar 0,6 dari skala kenyamanan 0 sampai 1.
- 2) Mobil kedua memenuhi kenyamanan sebesar 0,3 dari skala kenyamanan 0 sampai 1.
- 3) Mobil ketiga memenuhi kenyamanan sebesar 0,8 dari skala kenyamanan 0 sampai 1.
- 4) Mobil keempat memenuhi kenyamanan sebesar 0,2 dari tingkat kenyamanan 0 sampai 1.
- 5) Mobil kelima memenuhi kenyamanan sebesar 0,1 dari tingkat kenyamanan 0 sampai 1.

2.6 Fuzzy Goal Programming

Fuzzy Goal Programming bertujuan mencari nilai yang merupakan fungsi objektif yang akan dioptimalkan sedemikian hingga memenuhi batasan-batasan yang dimodelkan dengan himpunan *fuzzy*.

Pemaparan teori himpunan *fuzzy* pada masalah *goal programming* pertama kali dikemukakan oleh Hanan (1981) dan ignizio (1982). Secara komprehensif berbagai aspek keputusan dengan menggunakan pendekatan *FGP* diuraikan oleh Rubin dan Narasimhan (1984) juga tiwari et al (1987). Aplikasinya untuk pemodelan keputusan untuk berbagai aspek yang luas, misalnya untuk persoalan manajemen lingkungan diungkapkan oleh tiwari dkk (1985). Perbedaan utama antara himpunan yang tegas, *fuzzy* adalah pada elemen dari himpunan tertentu dengan derajat keanggotaan μ dan keanggotaan dari suatu fungsi didefinisikan oleh $\mu_{\bar{A}}(x)$ dengan $[0,1]$ (Zadeh, 1965).

2.7 Model Umum Fuzzy Goal Programming

Model FGP secara umum dapat dituliskankan sebagai berikut:

Cari nilai x agar memenuhi :

$$f_i(x) \gtrsim b_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

atau

$$f_i(x) \lesssim b_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan kendala,

$$Ax \cong b_i$$

$$Cx \lesssim d$$

$$x \geq 0$$

keterangan:

$f_i(x)$: fungsi tujuan dengan $i = 1, 2, \dots, n$

x : variabel keputusan

b_i : target berkaitan dengan fungsi tujuan ke- i

A, C : koefisien dari kendala

d : nilai RHS (*Right Hand Side*)

Pada model FGP diatas, model simbol \lesssim dan menyatakan ketaksamaan *fuzzy* pada level aspirasi *fuzzy goal* b_i . Tanda merupakan bentuk *fuzzy* dari yang menginterpretasikan ‘pada dasarnya kurang dari atau sama dengan’. Demikian pula, tanda merupakan bentuk *fuzzy* dari yang menginterpretasikan ‘pada dasarnya lebih dari atau sama dengan’. Tujuan *fuzzy* tipe 1 mempunyai arti bahwa pengambil keputusan akan puas untuk nilai sedikit lebih kecil dari b_k sampai nilai penyimpangan yang ditandai oleh batas toleransi, sedangkan tujuan *fuzzy* tipe 2 mempunyai arti bahwa pengambil keputusan akan puas untuk nilai sedikit lebih besar dari b_k sampai nilai penyimpangan yang ditandai oleh batas toleransi.

Fuzzy ini perlu diubah kedalam persamaan *crisp* (tegas) dengan mensubstitusi fungsi tersebut pada fungsi keanggotaan *fuzzy*-nya yang relevan.

2.8 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi (Sri Kusumadewi dan Hari Purnomo, 2010).

Tujuan atau *goal Fuzzy* ditandai dengan fungsi keanggotaan yang didefinisikan sebagai batas toleransi dan tingkat aspirasi dari kendala. Masalah pembobotan *FGP* jumlah i dari tujuan dengan sasaran bobot w_i harus dimaksimalkan. Setiap tujuan terbatas pada tingkat aspirasi dan target maksimasi atau minimasi yang dinyatakan dalam definisi keanggotaan.

Batas toleransi yang lebih rendah menggunakan t_i^l dan batas toleransi atas menggunakan t_i^u , maka fungsi keanggotaan menjadi:

$$\mu_{f_i(x)} = \begin{cases} 1, & \text{jika } f_i(x) = b_i \\ \frac{b_i + t_i^u - f_i(x)}{t_i^u}, & \text{jika } b_i < f_i(x) \leq b_i + t_i^u \\ \frac{f_i(x) - b_i - t_i^l}{t_i^l}, & \text{jika } b_i - t_i^l \leq f_i(x) < b_i \\ 0, & \text{jika } f_i(x) < b_i - t_i^l \text{ atau } f_i(x) > b_i + t_i^u \end{cases} \quad (2.9)$$

Jika tujuan meminimumkan $f_i(x) \lesssim b_i$, maka fungsi keanggotaannya adalah:

$$\mu_{f_i(x)} = \begin{cases} 1, & \text{jika } f_i(x) \leq b_i \\ \frac{b_i + t_i^u - f_i(x)}{t_i^u}, & \text{jika } b_i \leq f_i(x) \leq b_i + t_i^u \\ 0, & \text{jika } f_i(x) \geq b_i + t_i^u \end{cases} \quad (2.10)$$

Jika tujuan untuk memaksimumkan $f_i(x) \gtrsim b_i$, maka fungsi keanggotaannya adalah:

$$\mu_{f_i(x)} = \begin{cases} 1, & \text{jika } f_i(x) \geq b_i \\ \frac{f_i(x) - b_i - t_i^l}{t_i^l}, & \text{jika } b_i - t_i^l \leq f_i(x) \leq b_i \\ 0, & \text{jika } f_i(x) \leq b_i - t_i^l \end{cases} \quad (2.11)$$

Menurut Hannan, dalam pencapaian *goal* digunakan λ yang didefinisikan sebagai variabel tingkat pencapaian/kepuasan. Variabel λ berlaku untuk mewakili tingkat pencapaian *goal* secara keseluruhan. Adapun tingkat pencapaian masing-masing *goal* untuk dua *goal* dapat ditunjukkan dengan variabel λ_1 dan λ_2 .

Di saat fungsi keanggotaan *fuzzy* diketahui (2.10), optimasi *FGP* dirubah ke dalam persamaan *crisp* (c-FGP) untuk optimasi. Sebuah persamaan matematika *crisp* (c-FGP) didapat dengan model sebagai berikut:

$$\text{Maks } \lambda \quad (2.12)$$

dengan kendala,

$$\frac{(\lambda x)_i}{t_i^u} + d_i^- - d_i^+ = \frac{b_i}{t_i^u}$$

$$\frac{(b_i + t_i^u) - (Cx)_i}{t_i^u} \geq \lambda$$

$$cx \leq d$$

$$\lambda \in [0,1]$$

$$d_i^-, d_i^+ \leq 1$$

dengan,

Ax : kendala untuk *goal* pertama.

Cx : kendala untuk *goal* kedua.

x_i : variabel atau indeks ($i= 1,2..n$).

b_i : target pencapaian produksi.

cx : kendala yang mempengaruhi pencapaian setiap *goal*.

d : ketersediaan yang mempengaruhi proses produksi.

t_i^u : jumlah toleransi maksimal.

d_i^- : jumlah penyimpangan dibawah taget .

d_i^+ : jumlah penyimpangan diatas taget.

λ : variabel untuk tingkat pencapaian *goal*.

Jika terdapat dua tingkat pencapaian masing-masing *goal* untuk dua *goal* maka (2.12) dapat ditunjukkan dengan variabel λ_1 dan λ_2 . Persamaan menjadi:

$$\text{Maks } \lambda_1 + \lambda_2 \quad (2.13)$$

dengan kendala,

$$\frac{(Ax)_i}{t_i^u} + d_i^- - d_i^+ = \frac{b_i}{t_i^u}$$

$$\frac{(b_i + t_i^u) - (Cx)_i}{t_i^u} \geq \lambda$$

$$cx \leq d$$

$$\lambda_1, \lambda_2 \in [0,1]$$

$$d_i^-, d_i^+ \leq 1$$

dengan ,

Ax : kendala untuk *goal* pertama.

Cx : kendala untuk *goal* kedua.

x_i : variabel atau indeks ($i= 1,2..n$).

b_i : target pencapaian produksi.

cx : kendala yang mempengaruhi pencapaian setiap *goal*.

d : ketersediaan yang mempengaruhi proses produksi.

t_i^u : jumlah toleransi maksimal.

d_i^- : jumlah penyimpangan dibawah target .

d_i^+ : jumlah penyimpangan diatas target.

λ_1, λ_2 : variabel untuk tingkat pencapaian *goal*.

Contoh 3:

Sebuah perusahaan mebel memproduksi 2 jenis produk yang berbeda yaitu membuat meja dan kursi. Untuk membuat kedua produk tersebut diperlukan proses *assembling* dan *finishing*. Setiap unit meja memerlukan 4 proses *assembling* dan 2 proses *finishing*, sedangkan untuk kursi 2 proses *assembling* dan 1 proses *finishing*. Kendala kapasitas *assembling* yang tersedia sekurang-kurangnya 48 dan *finishing* 60 perhari.

Laba untuk 1 unit meja sebesar \$8 dan untuk 1 unit kursi sebesar \$6. Namun, selama proses produksi 1 unit meja menghasilkan 1 sisa kayu dan 1 unit kursi menghasilkan 2 sisa kayu. Perusahaan mempunyai target memperoleh keuntungan sebesar \$130 sekaligus meminimumkan jumlah sisa kayu, disamping itu perusahaan masih memberi kebijakan bahwa:

1. Setidaknya paling sedikit 70% target laba penghasilan harus terpenuhi.
2. Sisa kayu tidak boleh melebihi 30% dari 80 sisa kayu kedua produk, dan alangkah baiknya jika tidak ada sisa kayu sama sekali.

Solusi:

Variabel keputusan dari contoh 3 dimisalkan sebagai berikut:

x_1 : jumlah meja yang diproduksi

x_2 : jumlah kursi yang diproduksi

Model linier *fuzzy goal programming* pada contoh 3 dapat dibentuk sebagai berikut:

$$\text{Maksimum} \quad Z_0 = 8x_1 + 6x_2 \quad (2.14)$$

$$\text{Minimum} \quad Z_1 = x_1 + 2x_2$$

dengan batasan,

$$4x_1 + 2x_2 \lesseqgtr 48$$

$$2x_1 + x_2 \lesseqgtr 60$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Pada persamaan 2.14 masih berbentuk ketaksamaan *fuzzy* sehingga untuk mencari nilai yang tegas (*crisp*) maka dapat disubstitusi ke fungsi keanggotaan (2.11) sebagai berikut:

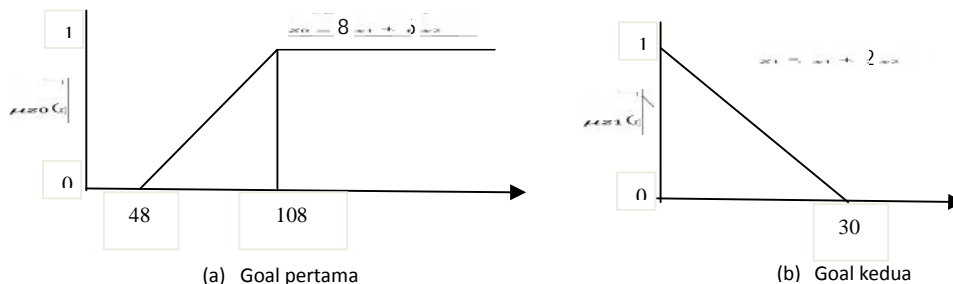
- $\mu_{z_0}(x)$ untuk tujuan pertama, yakni memperoleh keuntungan sebesar \$130

$$\mu_{z_0}(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } Z_0(x) \geq 108 \\ \frac{Z_0(x) - 48}{48}, & \text{jika } 48 \leq Z_0(x) \leq 108 \\ 0, & \text{jika } Z_0(x) \leq 48 \end{cases} \quad (2.15)$$

- $\mu_{z_1}(x)$ untuk tujuan kedua meminimumkan jumlah sisa kayu

$$\mu_{z_1}(x) = \begin{cases} \frac{30 - Z_1(x)}{30}, & \text{jika } 0 \leq Z_1(x) \leq 30 \\ 1, & \text{jika } Z_1(x) \geq 30 \end{cases} \quad (2.16)$$

Grafik fungsi keanggotaan pada contoh 3 dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Fungsi keanggotaan

Model FGP untuk contoh 3 adalah menggunakan pembobotan dan dua tujuan. Setelah diketahui fungsi keanggotan (2.11), maka berdasarkan model (2.12) model *crisp*-FGP dapat dirumuskan menjadi sebagai berikut:

$$\text{Maks} \quad w_1 \lambda_1 + w_2 \lambda_2 \quad (2.17)$$

dengan kendala,

$$\begin{aligned} \frac{x_i}{t_i^1} &= \frac{b_i}{t_i^1} \\ cx &\leq b_i \\ \lambda_1, \lambda_2 &\in [0,1] \end{aligned}$$

Model *crisp*-FGP telah diketahui, selanjutnya akan dilakukan perhitungan sesuai dengan data yang diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{diketahui:} \quad b_i &= 48 + 60 - 108 \\ t_i^1 &= 48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} \quad \frac{x_i}{t_i^1} &= \frac{b_i}{t_i^1} \\ \frac{8}{48} + \frac{6}{48} &= \frac{108}{48} \\ \frac{1}{30} + \frac{2}{30} &= \frac{30}{30} \end{aligned}$$

Setelah perhitungan dilakukan, model 2.17 disusun kembali menjadi model seperti dibawah ini:

$$\text{Maksimumkan} \quad 0.7P_1 + 0.3P_2 \quad (2.18)$$

dengan batasan:

$$\begin{aligned} 0.167x_1 + 0.125x_2 - \lambda &\geq 2.25 \\ 0.033x_1 + 0.067x_2 + \lambda &\leq 1 \\ 4x_1 + 2x_2 &\leq 48 \\ 2x_1 + x_2 &\leq 60 \\ x_1, x_2 &\geq 0 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh hasil dari model E, maka model tersebut dicari dengan menggunakan bantuan *software LINGO* 11. Hasil output dari program adalah sebagai berikut :

$$x_1 \approx 9,036145$$

$$x_2 \approx 5,927711$$

Untuk mencari nilai z_0 dan z_1 , maka dapat disubstitusi hasil program ke persamaan awal dengan perhitungan sebagai berikut:

$$- \quad Z_0 \approx 8x_1 + 6x_2$$

$$\begin{aligned} Z_0 &\approx 8(9,036145) + 6(5,927711) \\ &= 107.9 \end{aligned}$$

$$- \quad Z_1 \approx x_1 + 2x_2$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= 9,036145 + 2(5,927711) \\ &= 20. \end{aligned}$$

Goal pertama dengan tujuan memperoleh keuntungan sebesar \$130 dapat tercapai dengan model sebesar \$108. Kebijakan perusahaan menyatakan bahwa setidaknya terpenuhi 70% dari target keuntungan, sehingga *goal* pertama dikatakan terpenuhi, karena hasil yang didapat telah melebihi kebijakan perusahaan yaitu dari 70% target laba penghasilan.

Goal kedua adalah meminimalkan jumlah sisa kayu dapat diminimalkan menjadi sebanyak 20 sisa kayu. Perusahaan juga memberi kebijakan bahwa sisa kayu tidak boleh melebihi 30% dari 80 sisa kayu kedua produk tersebut, sehingga *goal* kedua dapat dikatakan terpenuhi karena dapat diminimalkan menjadi 20 dari batas minimum 24 sisa kayu.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Sumber Data

a. Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data laporan harian jumlah beban yang dihasilkan pada unit PLTD PT CPA Rimbajaya selama periode Mei 2011- April 2012.

b. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah data yang berasal dari PLTD PT CPA Rimbajaya yakni mengulas buku administrasi mengenai biaya bahan bakar, jumlah produksi listrik (kWh), jumlah jam kerja mesin dan lama proses bahan bakar mesin.

3.2 Prosedur Pembentukan Model FGP

1. Pembentukan model *fuzzy goal programming*

- Menentukan fungsi tujuan (*goal*) dilambangkan dengan:
 - f_1 untuk tujuan pertama yaitu sasaran memenuhi target beban
 - f_2 untuk tujuan kedua yaitu meminimalkan biaya bahan bakar
- Menentukan variabel keputusan (*decision variable*) dilambangkan dengan :
 - x_1 untuk blok 1
 - x_2 untuk blok 2
 - x_3 untuk blok 3
- Menentukan target berkaitan dengan fungsi tujuan ke- i dilambangkan dengan b_i ($i=1,2,\dots,12$)
- Menentukan koefisien dari kendala tujuan (*constraint*)
- Menentukan nilai sisi kanan dilambangkan dengan b_i .

2. Pembentukan model *crisp-fuzzy goal programming*

a. Menentukan fungsi tujuan

- Sasaran memenuhi jumlah beban yang ditargetkan perusahaan
- Meminimalkan biaya bahan bakar.

b. Menentukan variabel keputusan

- x_{ij} : jumlah produksi beban pada blok ke- i dalam bulan ke- j
 i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)
 j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).
- y_{ij} : jumlah biaya bahan bakar pada blok ke- i bulan ke- j
 i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)
 j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan mei 2011 sampai dengan april 2012).
- z_{ij} : jumlah pemakaian bahan bakar pada blok ke- i bulan ke- j
 i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)
 j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu Mei 2011 sampai dengan April 2012).

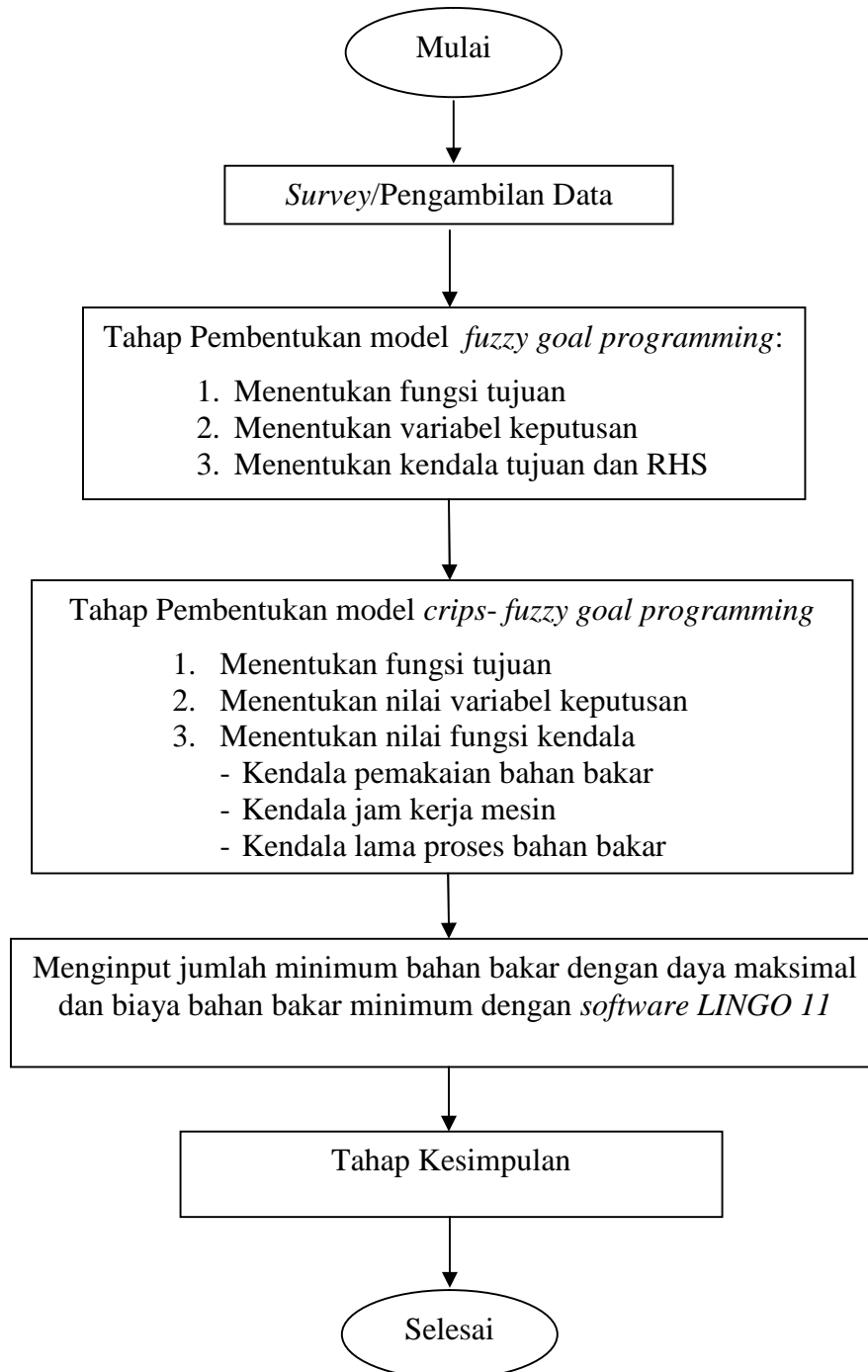
c. Menentukan fungsi kendala

- Kendala pemakaian bahan bakar dilambangkan dengan a_{ij}
- Kendala jam kerja mesin dilambangkan dengan t_{ij}
- Kendala lama proses bahan bakar dilambangkan dengan d_i .

3.3 Analisis Hasil Goal Programming

Menentukan jumlah minimum bahan bakar dengan daya maksimal dengan biaya bahan bakar minimum dengan metode *Fuzzy Goal Programming* menggunakan *software LINGO 11*.

Langkah – langkah pengumpulan data dan membangun model diatas dapat digambarkan dalam *flow chart* sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Metodologi Penelitian

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh langsung dari pengurus PT. CPA Rimbajaya bagian bendahara. Mengulas buku administrasi mengenai biaya bahan bakar, jumlah kWh dan jumlah jam kerja mesin. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Data Jumlah Produksi Listrik

Data ini merupakan data produksi listrik yang dihasilkan dari mesin PLTD dalam satuan kWh. PT CPA memiliki 3 blok yang beroperasi yaitu: blok Rimbajaya, blok Kotaraya dan blok Kotabaru. Blok Rimbajaya selanjutnya ditulis sebagai blok ke-1, blok Kotaraya ditulis sebagai blok ke-2, dan blok Kotabaru ditulis sebagai blok ke-3. Data ketiga blok didapat selama setahun mulai dari bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012. Data produksi listrik tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Table 4.1 Tabel Produktifitas Listrik Selama Periode Mei 2011- April 2012 pada ke-3 blok (kWh)

| No | Bulan | Blok 1 | Blok 2 | Blok 3 | Jumlah per bulan |
|----|-----------|--------|--------|--------|------------------|
| 1 | Mei | 27339 | 29231 | 33065 | 89635 |
| 2 | Juni | 25021 | 27974 | 39191 | 92186 |
| 3 | Juli | 28147 | 27988 | 35121 | 91256 |
| 4 | Agustus | 25395 | 32368 | 37721 | 95484 |
| 5 | September | 32053 | 32402 | 43418 | 107873 |
| 6 | Oktober | 28128 | 28658 | 41328 | 98114 |
| 7 | November | 29936 | 28570 | 41899 | 100405 |
| 8 | Desember | 28810 | 28578 | 43764 | 101152 |
| 9 | Januari | 30116 | 28970 | 41179 | 100265 |

| | | | | | |
|-----------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 10 | Februari | 25267 | 28215 | 41601 | 95183 |
| 11 | Maret | 26857 | 29231 | 42839 | 98927 |
| 12 | April | 29238 | 30518 | 44511 | 104267 |
| Jumlah per blok | | 336307 | 352803 | 485637 | 1174747 |

Sumber data: PT. Cahaya Putri Agung Rimbajaya.

Dalam hal ini data-data pada tabel 4.1 dapat disimbolkan sebagai masukan dengan keterangan sebagai berikut:

x_{ij} : jumlah produksi listrik pada blok ke- i dalam bulan ke- j ,

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).

Sehingga dari keterangan diatas dapat disimbolkan:

x_{11} menyatakan variabel untuk produksi listrik pada blok 1 bulan Mei sebagai bulan ke-1

x_{21} menyatakan variabel untuk produksi listrik pada blok 2 bulan Mei sebagai bulan ke-1

x_{31} menyatakan variabel untuk produksi listrik pada blok 3 bulan Mei sebagai bulan ke-1 dan selanjutnya disimbolkan sampai dengan blok 3 bulan ke-12.

2. Data Biaya Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik

Data ini merupakan data pengeluaran biaya untuk pembelian bahan bakar solar pada setiap blok. Biaya bahan bakar PLTD PT CPA dihitung pada ketiga blok yang beroperasi yaitu: blok Rimbajaya, blok Kotaraya, blok Kotabaru. Data dari ketiga blok dihitung selama setahun mulai dari bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012. Biaya bahan bakar ini dihitung dalam Rp/bulan. Data biaya bahan bakar pada ke-3 blok PLTD PT CPA dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Table 4.2 Tabel Biaya Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik Selama Periode Mei 2011- April 2012 Pada Ke-3 Blok (Rupiah).

| No | Bulan | Blok 1 | Blok 2 | Blok 3 | Jumlah per bulan |
|-----------------|-----------|----------------|----------------|------------------|-------------------------|
| 1 | Mei | Rp 13.950.000 | Rp 72.710.000 | Rp 115.500.000 | Rp 202.160.000 |
| 2 | Juni | Rp 13.966.000 | Rp 70.345.000 | Rp 115.500.000 | Rp 199.811.000 |
| 3 | Juli | Rp 69.342.000 | Rp 73.755.000 | Rp 110.250.000 | Rp 253.347.000 |
| 4 | Agustus | Rp 83.720.000 | Rp 87.780.000 | Rp 131.250.000 | Rp 302.750.000 |
| 5 | September | Rp 77.714.000 | Rp 73.315.000 | Rp 117.600.000 | Rp 268.629.000 |
| 6 | Oktober | Rp 70.434.000 | Rp 80.795.000 | Rp 128.100.000 | Rp 279.329.000 |
| 7 | November | Rp 67.158.000 | Rp 76.615.000 | Rp 127.050.000 | Rp 270.823.000 |
| 8 | Desember | Rp 73.892.000 | Rp 79.860.000 | Rp 124.950.000 | Rp 278.702.000 |
| 9 | Januari | Rp 77.896.000 | Rp 81.235.000 | Rp 127.050.000 | Rp 286.181.000 |
| 10 | Februari | Rp 71.708.000 | Rp 76.395.000 | Rp 119.700.000 | Rp 267.803.000 |
| 11 | Maret | Rp 45.418.000 | Rp 82.390.000 | Rp 130.200.000 | Rp 258.008.000 |
| 12 | April | Rp 68.068.000 | Rp 80.740.000 | Rp 126.000.000 | Rp 274.808.000 |
| Jumlah per blok | | Rp 733.266.000 | Rp 935.935.000 | Rp 1.473.150.000 | Rp 3.142.351.000 |

Sumber data: PT. Cahaya Putri Agung Rimbajaya.

Dalam hal ini data-data pada tabel 4.2 dapat disimbolkan sebagai masukan dengan keterangan sebagai berikut:

y_{ij} : jumlah biaya bahan bakar pada blok ke- i bulan ke- j ,

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).

Sehingga dari keterangan diatas dapat disimbolkan:

y_{11} menyatakan variabel untuk biaya bahan bakar pada blok 1 bulan Mei sebagai bulan ke-1

y_{21} menyatakan variabel untuk biaya bahan bakar pada blok 2 bulan Mei sebagai bulan ke-1

y_{31} menyatakan variabel untuk biaya bahan bakar pada blok 3 bulan Mei sebagai bulan ke-1 dan selanjutnya disimbolkan sampai dengan blok 3 bulan ke-12.

3. Data Pemakaian Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik

Bahan bakar yang digunakan mesin untuk proses produksi adalah bahan bakar solar. Data pemakaian bahan bakar ini dihitung pada setiap blok dalam satuan liter. Pemakaian bahan bakar untuk mesin yang beroperasi pada 3 blok yaitu: blok Rimbajaya, blok Kotaraya, blok Kotabaru. Data yang diambil adalah data satu tahun mulai dari bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012. Data pemakaian bahan bakar pada ke-3 blok PLTD PT CPA dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

4.3 Tabel Pemakaian Bahan Bakar Untuk Produksi Listrik Selama Periode Mei 2011- April 2012 Pada Ke-3 Blok (Liter)

| No | Bulan | Blok 1 | Blok 2 | Blok 3 |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|
| 1 | Mei | 2447 | 13220 | 22000 |
| 2 | Juni | 12165 | 12790 | 22000 |
| 3 | Juli | 12165 | 13410 | 21000 |
| 4 | Agustus | 14687 | 15960 | 25000 |
| 5 | September | 13634 | 13330 | 22400 |
| 6 | Oktober | 12356 | 14690 | 24400 |
| 7 | November | 11782 | 13930 | 24200 |
| 8 | Desember | 12963 | 14528 | 23800 |
| 9 | Januari | 13665 | 14920 | 24200 |
| 10 | Februari | 12580 | 13315 | 22800 |
| 11 | Maret | 7968 | 13220 | 24800 |
| 12 | April | 11941 | 14680 | 24000 |
| Jumlah per blok | | 138353 | 167993 | 280600 |

Sumber data: PT. Cahaya Putri Agung Rimbajaya.

Dalam hal ini data-data pada tabel 4.3 dapat disimbolkan sebagai masukan dengan keterangan sebagai berikut:

z_{ij} : jumlah pemakaian bahan bakar pada blok ke- i bulan ke- j ,

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).

Sehingga dari keterangan diatas dapat disimbolkan:

z_{11} menyatakan variabel untuk pemakaian bahan bakar pada blok 1 bulan Mei sebagai bulan ke-1

z_{21} menyatakan variabel untuk pemakaian bahan bakar pada blok 2 bulan Mei sebagai bulan ke-1

z_{31} menyatakan variabel untuk pemakaian bahan bakar pada blok 3 bulan Mei sebagai bulan ke-1 dan seterusnya sampai blok 3 bulan ke-12.

4. Data Ketersediaan Jam Kerja Mesin

Data waktu operasional kerja mesin dalam proses produksi merupakan data lamanya mesin hidup dan memproduksi listrik. Jam kerja yang tersedia pada PLTD PT CPA Rimbajaya adalah selama 14 jam kerja dalam sehari yaitu mulai pukul 17.00 WIB s/d 07.00 WIB, sehingga jumlah jam kerja mesin yang tersedia pada masing-masing unit adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Waktu yang tersedia} &= (\text{waktu kerja/hari}) \times (\text{jumlah hari kerja/bulan}) \\ &= 14 \times 30 \\ &= 420 \text{ jam/bulan pada masing-masing blok}\end{aligned}$$

Rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap mesin untuk menghasilkan setiap 1 kWh adalah dengan membagi jumlah jam kerja mesin dengan besarnya jumlah beban pada setiap blok. Rata-rata waktu pada masing-masing blok adalah sebagai berikut:

$$\text{Blok 1 : } \frac{420}{336307} = 0.001248859$$

$$\text{Blok 2 : } \frac{420}{352803} = 0.00119047$$

$$\text{Blok 3: } \frac{420}{485637} = 0.000864843$$

sehingga diperoleh untuk ketiga blok berturut-turut adalah 0.001248859 jam/kWh pada blok-1, 0.00119047, jam/kWh pada blok-2, 0.000864843 jam/ kWh pada blok ke-3.

5. Data Lama Proses Bahan Bakar

Data ini untuk mengitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memproses bahan bakar solar sampai menghasilkan listrik. Untuk menghitung waktu lama proses, dicari terlebih dahulu rata-rata jumlah produksi listrik dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata – rata jumlah produksi listrik} &= \frac{\text{total produksi listrik}}{12 \text{ bulan} \times 3 \text{ blok}} \\ &= \frac{1174747}{36} \\ &= 32631 \text{ kWh/blok.} \end{aligned}$$

Setelah kita mencari rata-rata jumlah produksi listrik, selanjutnya kita mencari lama waktu yang dibutuhkan mesin untuk memproses bahan bakar solar sampai menghasilkan listrik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{waktu pemanasan mesin} &= \frac{\text{jumlah jam kerja}}{\text{rata – rata produksi listrik}} \\ &= \frac{420}{32631} \\ &= 0.012871985. \end{aligned}$$

Sehingga lama waktu pemanasan diesel yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik adalah 0.012871985 jam/kWh untuk blok Rimbajaya, blok Kotaraya dan blok Kotaraya.

Dari data 4.1 sampai dengan 4.5 yang telah disediakan, maka dapat dibentuk model *crisp*-FGP pada masing-masing kendala untuk kasus penggunaan bahan bakar sebagai berikut:

$$\text{Maksimalkan } \lambda_1 + \lambda_2 \quad (4.1)$$

dengan kendala,

$$\frac{(Ax)_i}{t_i^u} + d_i^- - d_i^+ = \frac{b_i}{t_i^u}$$

$$\frac{(b_i + t_i^u) - (Cx)_i}{t_i^u} \geq \lambda$$

$$c_{ij}y_{ij} \leq b_i$$

$$a_{ij}z_{ij} \leq b_i$$

$$t_{ij}x_{ij} \leq b_i$$

$$d_i x_{ij} \leq b_i$$

$$\lambda \in [0,1]$$

$$d_i^-, d_i^+ \leq 1$$

dengan ,

Ax : tujuan terpenuhinya target produksi listrik.

Cx : tujuan meminimalkan biaya bahan bakar solar.

i, j : indeks untuk blok ke- i ($i= 1,2,3$) dan bulan ke- j ($j=1,2,3,\dots,12$).

cy : kendala meminimalkan biaya bahan bakar.

az : kendala pemakaian bahan bakar untuk meminimalkan biaya.

tx : kendala jam kerja mesin.

dx : kendala lama proses bahan bakar diesel.

b_i : ketersediaan pada setiap kendala.

t_i^u : batas toleransi maksimal.

λ_1 : variabel *goal* terpenuhinya target listrik.

λ_2 : variabel *goal* meminimalan biaya.

d_i^- : jumlah penyimpangan dibawah target.

d_i^+ : jumlah penyimpangan diatas target.

Selanjutnya model *crisp*-FGP (4.1) untuk kasus penggunaan bahan bakar akan dilakukan perhitungan-perhitungan melalui pengembangan model *fuzzy goal programming* berikut ini:

4.2 Pengembangan Model *Fuzzy Goal Programming*

Pengembangan model *fuzzy goal programming* untuk menentukan tingkat optimum membutuhkan fungsi tujuan dan fungsi kendala. Penentuan fungsi tujuan menetapkan dahulu tujuan-tujuan apa yang akan dicapai oleh perusahaan.

A. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada kasus penggunaan bahan bakar ini ada dua tujuan yaitu memenuhi target beban yang diproduksi dan meminimalkan biaya bahan bakar.

1. Terpenuhinya Beban Yang Ditargetkan Unit PLTD

Fungsi *goal* pertama bertujuan memenuhi target beban yang diproduksi oleh perusahaan yaitu hasil produksi yang pernah tercapai selama satu periode. Untuk mencapai target tersebut dapat menggunakan model sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} x_{ij} \cong b_i . \quad (4.2)$$

Dalam hal ini, agar tidak ada kelebihan maupun kekurangan hasil produksi, maka pada model (4.2) ditambahkan variabel simpangan agar sesuai dengan tujuan perusahaan yaitu memenuhi target beban listrik. Model FGP untuk fungsi tujuan memenuhi target beban yang diproduksi berdasarkan (4.2) menjadi model sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} x_{ij} + d_i^- - d_i^+ \cong b_i . \quad (4.3)$$

dengan,

x_{ij} : jumlah produksi listrik pada blok ke- i dalam periode j .

$i : 1,2,3$ (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

$j : 1,2,3,... 12$ (menyatakan bulan yaitu bulan mei 2011 sampai dengan april 2012).

b_i : jumlah target produksi listrik per bulan.

d_i^- : tingkat pencapaian produksi listrik kurang dari yang ditargetkan.

d_i^+ : tingkat pencapaian produksi listrik lebih dari yang ditargetkan.

Persamaan beban yang diproduksi pada setiap bulannya berdasarkan tabel (4.1) dan model (4.3) dapat dibentuk persamaan berikut:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + d_1^- - d_1^+ \cong 89635 \quad (4.4)$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} + d_2^- - d_2^+ \cong 92186$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} + d_3^- - d_3^+ \cong 91256$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} + d_4^- - d_4^+ \cong 95484$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} + d_5^- - d_5^+ \cong 107873$$

$$x_{16} + x_{26} + x_{36} + d_6^- - d_6^+ \cong 98114$$

$$x_{17} + x_{27} + x_{37} + d_7^- - d_7^+ \cong 100405$$

$$x_{18} + x_{28} + x_{38} + d_8^- - d_8^+ \cong 101152$$

$$x_{19} + x_{29} + x_{39} + d_9^- - d_9^+ \cong 100265$$

$$x_{110} + x_{210} + x_{310} + d_{10}^- - d_{10}^+ \cong 95183$$

$$x_{111} + x_{211} + x_{311} + d_{11}^- - d_{11}^+ \cong 98927$$

$$x_{112} + x_{212} + x_{312} + d_{12}^- - d_{12}^+ \cong 104267$$

Karena pada persamaan (4.4) masih bersifat *fuzzy* atau dalam arti produksi listrik pada setiap kali produksi tidak tetap jumlahnya, maka dari itu persamaan perlu disubstitusi ke model *crisp* melalui pendekatan fungsi keanggotaan (2.10). Persamaan *crisp*-(c-FGP) untuk beban yang diproduksi dapat dibentuk dengan model sebagai berikut:

$$\frac{x_{ij}}{t_i^u} + d_i^- - d_i^+ = \frac{b_i}{t_i^u}. \quad (4.5)$$

dengan,

x_{ij} : variabel atau indeks *goal* terpenuhinya target listrik blok ke- i
bulan ke- j

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya,
blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan mei 2011 sampai
dengan april 2012).

b_i : jumlah target produksi listrik .

t_i^u : batas jumlah maksimum produksi listrik.

d_i^- : tingkat pencapaian produksi kurang dari target.

d_i^+ : tingkat pencapaian produksi lebih dari target.

Dengan memasukkan data produksi listrik dari tabel (4.1) ke
model persamaan (4.5) maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{x_{11} + x_{21} + x_{31}}{33065} + d_1^- - d_1^+ &= \frac{89635}{33065} \\
 \frac{x_{12} + x_{22} + x_{32}}{39191} + d_2^- - d_2^+ &= \frac{92186}{39191} \\
 \frac{x_{13} + x_{23} + x_{33}}{35121} + d_i^- - d_i^+ &= \frac{91256}{35121} \\
 \frac{x_{14} + x_{24} + x_{34}}{37721} + d_4^- - d_4^+ &= \frac{95484}{37721} \\
 \frac{x_{15} + x_{25} + x_{35}}{43418} + d_5^- - d_5^+ &= \frac{107873}{43418} \\
 \frac{x_{16} + x_{26} + x_{36}}{41328} + d_6^- - d_6^+ &= \frac{98114}{41328} \\
 \frac{x_{17} + x_{27} + x_{37}}{41899} + d_7^- - d_7^+ &= \frac{100405}{41899} \\
 \frac{x_{18} + x_{28} + x_{38}}{43764} + d_8^- - d_8^+ &= \frac{101152}{43764} \\
 \frac{x_{19} + x_{29} + x_{39}}{41179} + d_9^- - d_9^+ &= \frac{100265}{41179} \\
 \frac{x_{110} + x_{210} + x_{310}}{41601} + d_{10}^- - d_{10}^+ &= \frac{95183}{41601}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

$$\frac{x_{111} + x_{211} + x_{311}}{42839} + d_{11}^- - d_{11}^+ = \frac{98927}{42839}$$

$$\frac{x_{112} + x_{212} + x_{312}}{44511} + d_{12}^- - d_{12}^+ = \frac{104267}{44511}$$

Berdasarkan hasil pembagian pada persamaan (4.6), maka persamaan diatas menjadi:

$$\begin{aligned} 0.0000302435 (x_{11} + x_{21} + x_{31}) + d_1^- - d_1^+ &= 2,710872524 \quad (4.7) \\ 0.000025516 (x_{12} + x_{22} + x_{32}) + d_2^- - d_2^+ &= 2,3522237 \\ 0.000028473 (x_{13} + x_{23} + x_{33}) + d_3^- - d_3^+ &= 2,5983315 \\ 0.0000265104 (x_{14} + x_{24} + x_{34}) + d_4^- - d_4^+ &= 2,5313221 \\ 0.0000230319 (x_{15} + x_{25} + x_{35}) + d_5^- - d_5^+ &= 2,484522548 \\ 0.0000241967 (x_{16} + x_{26} + x_{36}) + d_6^- - d_6^+ &= 2,3740321 \\ 0.0000238669 (x_{17} + x_{27} + x_{37}) + d_7^- - d_7^+ &= 2,3963579 \\ 0.0000228498 (x_{18} + x_{28} + x_{38}) + d_8^- - d_8^+ &= 2,3113061 \\ 0.0000242842 (x_{19} + x_{29} + x_{39}) + d_9^- - d_9^+ &= 2,4348576 \\ 0.0000240379 (x_{110} + x_{210} + x_{310}) + d_{10}^- - d_{10}^+ &= 2,2879979 \\ 0.0000233432 (x_{111} + x_{211} + x_{311}) + d_{11}^- - d_{11}^+ &= 2,3092743 \\ 0.0000224664 (x_{112} + x_{212} + x_{312}) + d_{12}^- - d_{12}^+ &= 2,3424996 \end{aligned}$$

Persamaan (4.7) merupakan persamaan untuk fungsi tujuan memenuhi target beban yang diproduksi. Selanjutnya akan dimasukkan atau diinput ke *software LINGO*.

2. Meminimalkan Biaya Bahan Bakar

Fungsi *goal* kedua bertujuan untuk meminimalkan biaya pengeluaran untuk pembelian bahan bakar solar pada setiap blok dalam Rp/kWh. Biaya yang dikeluarkan diharapkan lebih kecil dari anggaran perusahaan. Fungsi *goal* untuk meminimalkan biaya bahan bakar dapat dibentuk dengan model sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} c_{ij} y_{ij} \leq b_i. \quad (4.8)$$

dengan,

c_{ij} : rata-rata biaya bahan bakar pada blok ke- i dalam bulan ke- j .

y_{ij} : biaya bahan bakar untuk produksi listrik pada blok ke- i bulan ke- j . (Rp/kWh).

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 rimbajaya, blok 2 kotaraya, blok 3 kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan mei 2011 sampai dengan april 2012).

b_i : total biaya bahan bakar perbulan (Rp/ kWh) .

Sebelum dimasukkan ke model (4.8) akan dilakukan dahulu perhitungan untuk koefisien bahan bakar berikut:

Jumlah biaya bahan bakar dibagi dengan total produksi listrik, bulan mei blok 1 yaitu $\frac{13.950.000}{1174747} = \text{Rp. } 11.875/\text{kWh}$ seterusnya sampai blok 3 dan bulan ke-12. Ketaksamaan untuk biaya bahan bakar dapat dibentuk sebagai berikut:

$$11.875 y_{11} + 61.894 y_{21} + 98.319 y_{31} \leq 172.09 \quad (4.9)$$

$$11.889 y_{12} + 59.881 y_{22} + 170.089 y_{32} \leq 170.09$$

$$59.027 y_{13} + 62.784 y_{23} + 215.661 y_{33} \leq 215.66$$

$$71.266 y_{14} + 74.224 y_{24} + 257.715 y_{34} \leq 257.72$$

$$66.154 y_{15} + 62.409 y_{25} + 228.670 y_{35} \leq 228.67$$

$$59.957 y_{16} + 68.772 y_{26} + 237.778 y_{36} \leq 237.78$$

$$57.168 y_{17} + 65.218 y_{27} + 230.537 y_{37} \leq 230.54$$

$$62.900 y_{18} + 67.981 y_{28} + 237.244 y_{38} \leq 237.24$$

$$66.309 y_{19} + 69.151 y_{29} + 243.611 y_{39} \leq 243.61$$

$$61.041 y_{110} + 65.031 y_{210} + 227.967 y_{310} \leq 227.97$$

$$38.662 y_{111} + 70.134 y_{211} + 219.629 y_{311} \leq 219.63$$

$$57.943 y_{112} + 68.730 y_{212} + 233.929 y_{312} \leq 233.93.$$

Karena dalam setahun ada 12 bulan, maka rata-rata biaya bahan bakar adalah $\frac{12}{3142531000} = 0.0000000038$. Ketaksamaan biaya bahan bakar dapat dibentuk menjadi berikut ini:

$$0.0000000038(11.875 y_{11} + 61.894 y_{21} + 98.319 y_{31}) \leq 172 \quad (4.10)$$

$$0.0000000038(11.889 y_{12} + 59.881 y_{22} + 170.089 y_{32}) \leq 170.09$$

$$0.0000000038(59.027 y_{13} + 62.784 y_{23} + 215.661 y_{33}) \leq 215.66$$

$$0.0000000038(71.266 y_{14} + 74.224 y_{24} + 257.715 y_{34}) \leq 257.72$$

$$0.0000000038(66.154 y_{15} + 62.409 y_{25} + 228.670 y_{35}) \leq 228.67$$

$$0.0000000038(59.957 y_{16} + 68.772 y_{26} + 237.778 y_{36}) \leq 237.78$$

$$0.0000000038(57.168 y_{17} + 65.218 y_{27} + 230.537 y_{37}) \leq 230.54$$

$$0.0000000038(62.900 y_{18} + 67.981 y_{28} + 237.244 y_{38}) \leq 237.24$$

$$0.0000000038(66.309 y_{19} + 69.151 y_{29} + 243.611 y_{39}) \leq 243.61$$

$$0.0000000038(61.041 y_{110} + 65.031 y_{210} + 227.967 y_{310}) \leq 227.97$$

$$0.0000000038(38.662 y_{111} + 70.134 y_{211} + 219.629 y_{311}) \leq 219.63$$

$$0.0000000038(57.943 y_{112} + 68.730 y_{212} + 233.929 y_{312}) \leq 233.93$$

Ketaksamaan (4.10) merupakan ketaksamaan untuk fungsi tujuan meminimalkan biaya bahan bakar. Selanjutnya akan dimasukkan atau diinput ke *software LINGO*.

B. Fungsi Kendala Untuk *Goal programming*

Kendala yang mempengaruhi setiap proses produksi pada setiap unit PLTD. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan solusi optimal yang dapat diimplementasikan. Perumusan fungsi kendala diantaranya sebagai berikut:

1. Kendala Pemakaian Bahan Bakar diesel

Pemakaian bahan bakar solar untuk menghasilkan listrik pada prinsipnya harus lebih kecil dengan total pemakaian bahan bakar diesel untuk semua blok. Berikut model kendala pemakaian bahan bakar solar :

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} a_{ij} z_{ij} \lesseqgtr b_i \quad (4.11)$$

dengan,

a_{ij} : jumlah penggunaan bahan bakar diesel untuk produksi listrik pada blok ke- i dalam periode ke- j

z_{ij} : jumlah produksi listrik pada blok ke- i dalam periode ke- j

b_i : total penggunaan bahan bakar diesel perbulan.

Berdasarkan tabel pemakaian bahan bakar (4.3) untuk masing-masing blok pada setiap bulannya, maka ketaksamaan pemakaian bahan bakar dapat dibentuk sebagai berikut:

$$2447 z_{11} + 13220 z_{21} + 22000 z_{31} \lesssim 37667 \quad (4.12)$$

$$12165 z_{12} + 12790 z_{22} + 22000 z_{32} \lesssim 46955$$

$$12165 z_{13} + 13410 z_{23} + 21000 z_{33} \lesssim 46575$$

$$14687 z_{14} + 15960 z_{24} + 25000 z_{34} \lesssim 55647$$

$$13634 z_{15} + 13330 z_{25} + 22400 z_{35} \lesssim 49364$$

$$12356 z_{16} + 14690 z_{26} + 24400 z_{36} \lesssim 51446$$

$$11782 z_{17} + 13930 z_{27} + 24200 z_{37} \lesssim 49912$$

$$12963 z_{18} + 14528 z_{28} + 23800 z_{38} \lesssim 51291$$

$$13665 z_{19} + 14920 z_{29} + 24200 z_{39} \lesssim 52785$$

$$12580 z_{110} + 13315 z_{210} + 22800 z_{310} \lesssim 48695$$

$$7968 z_{111} + 13220 z_{211} + 24800 z_{311} \lesssim 45988$$

$$11941 z_{112} + 14680 z_{212} + 24000 z_{312} \lesssim 50621.$$

Karena pada ketaksamaan (4.12) masih bersifat *fuzzy* atau dalam arti bahan bakar yang telah habis dipakai pada setiap kali proses produksi tidak tetap jumlahnya, maka dari itu ketaksamaan perlu disubstitusi ke model *crisp* melalui pendekatan fungsi keanggotaan (2.10). Ketaksamaan *crisp*-(c-FGP) untuk penggunaan bahan bakar dapat dibentuk dengan model sebagai berikut:

$$\frac{(b_i + t_i^u) - a_{ij}z_{ij}}{t_i^u} \geq \lambda. \quad (4.13)$$

dengan:

$(az)_{ij}$: kendala untuk *goal* meminimalkan biaya bahan bakar solar.

i : indeks untuk blok ke-1, ke-2, ke-3.

b_i : jumlah target bahan bakar pada periode i

t_i^u : batas toleransi pemakaian solar yang diperbolehkan.

λ : variabel tingkat pencapaian/kepuasan.

Dengan memasukkan data penggunaan bahan bakar dari tabel (4.3) ke model (4.13), maka diperoleh ketaksamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \frac{37667 - (2447 z_{11} + 13220 z_{21} + 22000 z_{31})}{25000} &\geq \lambda & (4.14) \\
 \frac{46955 - (12165 z_{12} + 12790 z_{22} + 22000 z_{32})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{46575 - (12165 z_{13} + 13410 z_{23} + 21000 z_{33})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{55647 - (14687 z_{14} + 15960 z_{24} + 25000 z_{34})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{49364 - (13634 z_{15} + 13330 z_{25} + 22400 z_{35})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{51446 - (12356 z_{16} + 14690 z_{26} + 24400 z_{36})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{49912 - (11782 z_{17} + 13930 z_{27} + 24200 z_{37})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{51291 - (12963 z_{18} + 14528 z_{28} + 23800 z_{38})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{52785 - (13665 z_{19} + 14920 z_{29} + 24200 z_{39})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{48695 - (12580 z_{110} + 13315 z_{210} + 22800 z_{310})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{45988 - (7968 z_{111} + 13220 z_{211} + 24800 z_{311})}{25000} &\geq \lambda \\
 \frac{50621 - (11941 z_{112} + 14680 z_{212} + 24000 z_{312})}{25000} &\geq \lambda
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pembagian jumlah bahan bakar perbulan dengan batas maksimalnya, maka ketaksamaan (4.14) menjadi:

$$\begin{aligned}
 0.00004 (2447 z_{11} + 13220 z_{21} + 22000 z_{31}) + \lambda &\leq 1.51 & (4.15) \\
 0.00004 (12165 z_{12} + 12790 z_{22} + 22000 z_{32}) + \lambda &\leq 1.88 \\
 0.00004 (12165 z_{13} + 13410 z_{23} + 21000 z_{33}) + \lambda &\leq 1.87 \\
 0.00004 (14687 z_{14} + 15960 z_{24} + 25000 z_{34}) + \lambda &\leq 2.23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0.00004(13634 z_{15} + 13330 z_{25} + 22400 z_{35}) + \lambda &\leq 1.97 \\
0.00004(12356 z_{16} + 14690 z_{26} + 24400 z_{36}) + \lambda &\leq 2.05 \\
0.00004(11782 z_{17} + 13930 z_{27} + 24200 z_{37}) + \lambda &\leq 1.99 \\
0.00004(12963 z_{18} + 14528 z_{28} + 23800 z_{38}) + \lambda &\leq 2.05 \\
0.00004(13665 z_{19} + 14920 z_{29} + 24200 z_{39}) + \lambda &\leq 2.11 \\
0.00004(12580 z_{110} + 13315 z_{210} + 22800 z_{310}) + \lambda &\leq 1.95 \\
0.00004(7968 z_{111} + 13220 z_{211} + 24800 z_{311}) + \lambda &\leq 1.84 \\
0.00004(11941 z_{112} + 14680 z_{212} + 24000 z_{312}) + \lambda &\leq 2.02
\end{aligned}$$

Ketaksamaan (4.15) merupakan ketaksamaan untuk meminimalkan penggunaan bahan bakar. Selanjutnya akan dimasukkan atau diinput ke *software LINGO*.

2. Kendala Jam Kerja Mesin

Kendala ini merupakan waktu operasional mesin pada proses produksi listrik berdasarkan jumlah jam kerja mesin yang tersedia yaitu 420 jam perbulan. Kendala ini juga memperhitungkan rata-rata waktu yang dibutuhkan setiap mesin untuk menghasilkan 1 kWh listrik pada masing-masing blok. Model jam kerja mesin dapat dibentuk sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} t_{ij} x_{ij} \leq b_i \quad (4.16)$$

dengan:

x_{ij} : jumlah produksi listrik pada blok ke-i dalam periode t.

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).

t_i : jumlah jam mesin untuk menghasilkan listrik/kWh pada blok ke-i

b_i : jumlah jam yang tersedia.

Berdasarkan model (4.16) maka kendala jam kerja mesin pada masing-masing blok dapat dibentuk ketaksamaan berikut:

$$\begin{aligned}
0.001248859 x_{11} + 0.00119047 x_{21} + 0.000864843 x_{31} &\leq 420 \quad (4.17) \\
0.001248859 x_{12} + 0.00119047 x_{22} + 0.000864843 x_{32} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{13} + 0.00119047 x_{23} + 0.000864843 x_{33} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{14} + 0.00119047 x_{24} + 0.000864843 x_{34} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{15} + 0.00119047 x_{25} + 0.000864843 x_{35} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{16} + 0.00119047 x_{26} + 0.000864843 x_{36} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{17} + 0.00119047 x_{27} + 0.000864843 x_{37} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{18} + 0.00119047 x_{28} + 0.000864843 x_{38} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{19} + 0.00119047 x_{29} + 0.000864843 x_{39} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{110} + 0.00119047 x_{210} + 0.000864843 x_{310} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{111} + 0.00119047 x_{211} + 0.000864843 x_{311} &\leq 420 \\
0.001248859 x_{112} + 0.00119047 x_{212} + 0.000864843 x_{312} &\leq 420
\end{aligned}$$

Ketaksamaan (4.17) merupakan ketaksamaan untuk kendala jam kerja mesin. Selanjutnya akan dimasukkan atau diinput ke *software LINGO*.

3. Kendala Lama Proses Bahan Bakar Diesel

Kendala ini merupakan fungsi pembatas yang menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memproses bahan bakar solar/diesel. Diesel membutuhkan waktu yang lebih lama untuk pemanasan sampai diesel siap untuk memproduksi listrik. Persamaan kendala lama proses bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{12} d_i x_{ij} \leq JPH_t. \quad (4.18)$$

dengan,

x_{ij} : jumlah produksi listrik pada blok ke- i dalam periode j

i : 1,2,3 (menyatakan blok yaitu blok 1 Rimbajaya, blok 2 Kotaraya, blok 3 Kotabaru)

j : 1,2,3,... 12 (menyatakan bulan yaitu bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012).

d_i : lama proses diesel untuk menghasilkan listrik/ kWh pada blok ke- i

JPH_t : maksimal waktu yang dibutuhkan untuk diesel (menit).

Berdasarkan model (4.18) maka kendala lama proses bahan bakar diesel pada masing- masing blok dapat dibentuk ketaksamaan berikut:

$$0.012871985(x_{11} + x_{21} + x_{31}) \leq 20 \quad (4.19)$$

$$0.012871985(x_{12} + x_{22} + x_{32}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{13} + x_{23} + x_{33}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{14} + x_{24} + x_{34}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{15} + x_{25} + x_{35}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{16} + x_{26} + x_{36}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{17} + x_{27} + x_{37}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{18} + x_{28} + x_{38}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{19} + x_{29} + x_{39}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{110} + x_{210} + x_{310}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{111} + x_{211} + x_{311}) \leq 20$$

$$0.012871985(x_{112} + x_{212} + x_{312}) \leq 20$$

Ketaksamaan (4.19) merupakan ketaksamaan untuk kendala jam kerja mesin. Selanjutnya akan dimasukkan atau diinput ke *software LINGO*.

4.3 Penyelesaian Fungsi Pencapaian *Goal Programming*

Penyelesaian fungsi pencapaian *goal programming* dilakukan dengan menggunakan *software LINGO 11*. Penyelesaian fungsi tujuan dan fungsi kendala untuk bulan Mei 2011 sampai dengan April 2012 menggunakan *software* ini dapat dilihat pada LAMPIRAN.

4.4 Analisis Hasil Produksi

Berdasarkan hasil yang diperoleh untuk produksi listrik di PLTD Cahaya Putri Agung menggunakan *software LINGO 11* dapat disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Tabel hasil pengolahan *software LINGO 11* (dalam kWh).

| BULAN | Blok1 | Blok 2 | Blok 3 |
|-----------|----------|--------|-----------|
| Mei | 89634,88 | 0 | 0 |
| Juni | 92186,22 | 0 | 0 |
| Juli | 91255,98 | 0 | 0 |
| Agustus | 0 | 0 | 95484,12 |
| September | 0 | 0 | 107873,1 |
| Oktober | 98113,88 | 0 | 0 |
| November | 100404,1 | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 | 101152,31 |
| Januari | 0 | 0 | 100265,1 |
| Februari | 0 | 0 | 95182,94 |
| Maret | 98927,07 | 0 | 0 |
| April | 104266,8 | 0 | 0 |

Tabel 4.4 merupakan hasil dari *software LINGO 11* untuk memenuhi target jumlah beban yang diproduksi. Rinciannya adalah sebagai berikut:

1. Target beban yang diproduksi oleh perusahaan sebesar 1174747 kWh selama satu tahun dapat tercapai dengan model sebesar 1174746,5 kWh selama satu tahun. Dengan rincian sebagai berikut:
 - Target pada bulan Mei sebesar 89634,88 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Mei pada blok 1 sebesar 89634,88 kWh.
 - Bulan Juni sebesar 92186,22 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Juni pada blok 1 sebesar 92186,22 kWh.

- Bulan Juli sebesar 91255,98 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Juli pada blok 1 sebesar 91255,98 kWh.
- Bulan Agustus sebesar 95484,12 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Agustus blok 3 sebesar 95484,12 kWh.
- Bulan September sebesar 107873,1 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan September blok 3 sebesar 107873,1 kWh.
- Bulan Oktober sebesar 98113,88 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Oktober blok 1 sebesar 98113,88 kWh.
- Bulan November sebesar 100404,1 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan November blok 1 sebesar 100404,1 kWh.
- Bulan Desember sebesar 101152,1 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Februari blok 3 sebesar 101152,1 kWh
- Bulan Januari sebesar 100265,1 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Januari blok 3 sebesar 100265,1 kWh
- Bulan Februari sebesar 95182,94 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Februari blok 3 sebesar 95182,94 kWh.
- Bulan Maret sebesar 98927,07 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan Maret blok 1 sebesar 98927,07 kWh.
- Bulan April sebesar 104266,8 kWh dapat dicapai dengan model untuk bulan April blok 1 sebesar 104266,8 kWh.

2. Biaya produksi perusahaan selama periode Mei 2011 sampai dengan April 2012 adalah sebesar Rp.3.142.351.000,00 dapat dicapai dengan model FGP sebesar Rp.3.103.041.655,00. Rinciannya adalah sebagai berikut:

Berdasarkan tabel 4.4 maka hasil yang diperoleh di substitusi ke persamaan (4.9) sebagai berikut:

$$11.875 (89634,88) + 61.894 (0) + 98.319 (0) = 10644142$$

$$11.889 (92186,22) + 59.881 (0) + 170.089 (0) = 109600197$$

$$59.027 (91255,98) + 62.784(0) + 215.661(0) = 538656673$$

$$71.266(0) + 74.224(0) + 257.715(95484,12) = 246076899$$

$$\begin{aligned}
&66.154(0) + 62.409(0) + 228.670(107873,1) = 246673417 \\
&59.957(98113,88) + 68.772(0) + 237.778(0) = 233293228 \\
&57.168(100404,1) + 65.218(0) + 230.537(0) = 573990158 \\
&62.900(0) + 67.981(0) + 237.244(101152,31) = 239977288 \\
&66.309(0) + 69.151(0) + 243.611(100265,1) = 244256812 \\
&61.041(0) + 65.031(0) + 227.967(95182,94) = 216985692 \\
&38.662(98927,07) + 70.134(0) + 219.629(0) = 382471838 \\
&57.943(104266,8) + 68.730(0) + 233.929(0) = 60415311
\end{aligned}$$

Hasil penjumlahan pada persamaan adalah untuk meminimalkan biaya bahan bakar dari hasil produksi listrik menjadi sebesar Rp.3.103.041.655,00.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data pada BAB 1V, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Model *fuzzy goal programming* untuk memenuhi target beban dan meminimalkan biaya bahan bakar di unit PLTD PT CPA Rimbajaya adalah:

Maksimalkan $\lambda_1 + \lambda_2$

dengan kendala,

$$\frac{(Ax)_i}{t_i^u} + d_i^- - d_i^+ = \frac{b_i}{t_i^u}$$

$$\frac{(b_i + t_i^u) - (Cx)_i}{t_i^u} \geq \lambda$$

$$c_{ij}y_{ij} \leq b_i$$

$$a_{ij}z_{ij} \leq b_i$$

$$t_{ij}x_{ij} \leq b_i$$

$$d_i x_{ij} \leq b_i$$

$$\lambda \in [0,1]$$

$$d_i^-, d_i^+ \leq 1$$

2. Dari hasil output untuk memenuhi target beban yang diproduksi oleh perusahaan sebesar 1174747 kWh selama periode Mei 2011 sampai April 2012 dapat tercapai dengan menggunakan model FGP sebesar 1174746,5 kWh. Pencapaian model FGP ini dianggap memenuhi target beban yang diproduksi dengan pembulatan desimal dari 1174746,5 menjadi 1174747.
3. Biaya produksi perusahaan selama periode Mei 2011 sampai April 2012 adalah sebesar Rp. 3.142.351.000,00 dapat diminimalkan dengan menggunakan model FGP menjadi sebesar Rp. 3.103.041.655,00.

Biaya ini adalah biaya minimal dari biaya yang dibebankan kepada perusahaan dengan selisih Rp. 39.309.345,00. Sehingga perusahaan dapat menghemat biaya pengeluaran untuk penggunaan bahan bakar dengan perhitungan menggunakan model ini.

5.2 SARAN

Model optimasi penggunaan bahan bakar unit PLTD dapat memberikan bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam pemakaian bahan bakar untuk menghasilkan beban yang sesuai namun dengan biaya yang minimal karena dapat menghemat biaya pengeluaran untuk penggunaan bahan bakar.

Bagi yang tertarik untuk penelitian lebih lanjut, model FGP dapat dikembangkan lagi mengenai tujuan-tujuan yang lebih dari dua tujuan dan fungsi kendala seperti jumlah tenaga kerja, manajemen shift kerja dapat ditambah untuk mendekati kondisi nyata perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, B. N. *Belajar Riset Operasional*. Penerbit CV Andi. Yogyakarta, 2010
- Hamdi, A.T. *Riset Operasi Suatu Pengantar*. Jakarta Barat. Binaraga 1996.
- Hannan, E.L. *On Fuzzy Goal Programming*, Decision Science, 12, 522-531. 1981.
- Jun Yan, Ryan M, & Power J. *Using Fuzzy Logic Toward Intellegent System*. Newyork, prentice hall, 1994.
- Klir, G. J & Folger, T.A. *Fuzzy Sets , Uncertainly and information*. New Delhi: Prentice Hall P T R, 2005.
- Kusumadewi. S. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. edisi kedua, Yogyakarta. Graha Ilmu , 2010.
- Mega, W.A. *Pendekan Fuzzy Goal Programming Dalam Manajemen Hara Untuk Perencanaan Hasil Panen Padi*. Jombang: Tugas akhir Program Studi Matematika FMIPA ITS. 2010.
- Sari, N.E. *Optimasi Penggunaan Bahan Bakar PLTGU dengan Menggunakan Model Fuzzy Goal Programming*. Gresik: Tugas akhir Program Studi Matematika ITS. 2010.
- Siswanto, *Operation Research*. jilid pertama, Penerbit Erlangga, Pencetak PT.Gelora Aksara, 2007.
- Supranto J, *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan* Edisi Revisi, Penerbit UI-Press, Jakarta. 2009.
- Susanta, B. *Program Linear*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Yogyakarta:1994.

Titin, I.O dan Miftahol A. *Pendekatan Algoritma Genetika Dalam Menyelesaikan Model Fuzzy Goal Programming*. Jurnal Teknologi Industri Vol. V No. 1 Januari 2001 : 13-22 14.

Tiwari, R.N, Dharmar, S and Rao, J.R. *Fuzzy Sets and Systems Fuzzy goal programming*. addition model, 24 (1987) 27 34.

Utomo B.S. *Aplikasi Fuzzy Linear Programming Untuk Mengoptimalkan Produksi Lampu*, Surabaya: Tugas Akhir Program Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 2001.

Yen J & Longari R. *Fuzzy Logic*. Pearson edocation, 2005.

Zadeh, L.A. *Fuzzy sets, Information and Control* 8 (1965), 338-353. 1965.